



Trabajo Fin de Grado

“Estudio experimental sobre la eficacia del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo en la condición física y en el rendimiento de corredores entrenados.”

“Experimental study on the effectiveness of blood flow restriction training on physical fitness and performance of trained runners.”

Autor

Adrián Baquero Baleta

Director

Borja Muñoz Pardos

Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte

Curso académico 2020/2021

INDICE

1. ÍNDICE DE TABLAS	3
2. ÍNDICE DE FIGURAS	3
3. ÍNDICE DE ABREVIATURAS	4
4. RESUMEN	5
5. ABTRACT	6
6. INTRODUCCIÓN.	7
7. MARCO TEÓRICO	9
7.1 MODALIDAD DE ATLETISMO MEDIO-FONDO	9
7.2 DEMANDAS FISIOLÓGICAS	9
7.3 MÉTODOS DE ENTRENAMIENTO DE MEDIO-FONDO EN LA FUERZA.	12
7.4 MÉTODO DE RESTRICCIÓN DE FLUJO SANGUÍNEO	14
7.5 RFS Y ADAPTACIONES FISIOLÓGICAS	16
7.6 RFS Y CONDICIÓN FÍSICA	18
7.8 SEGURIDAD Y ASPECTOS ÉTICOS.	20
8. METODOLOGÍA	21
8.1 PARTICIPANTES	21
8.2 INTERVENCIÓN	21
8.3 TEST DE ANTROPOMETRÍA Y CONDICIÓN FÍSICA	24
8.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	25
9. RESULTADOS	26
10. DISCUSIÓN	30
11. LIMITACIONES	33
12. FORTALEZAS DEL ESTUDIO	34
13. CONCLUSIÓN	35
14. BIBLIOGRAFÍA.	36
15. ANEXOS	43

1. ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1. % de VAM, % de VO₂max y lactato final en pruebas de 800 a 5000 metros. (Duffield et al., 2005) (Página 11).
- Tabla 2. Ejemplo de contribución de fuentes aeróbicas en el 800 y el 1500. (Duffield et al., 2005) (Página 11).
- Tabla 3. Efectos del entrenamiento con RFS sobre diferentes parámetros fisiológicos. (Reina-Ramos & Domínguez, 2014) (Página 17).
- Tabla 4. Datos personales y antropométricos, media (SD) (Elaboración propia) (Página 26).
- Tabla 5. Cambios dentro del grupo control en corredores después de 4 semanas de intervención (Elaboración propia) (Página 27).
- Tabla 6. Cambios dentro del grupo KAATSU en corredores después de 4 semanas de intervención (Elaboración propia) (Página 28).

2. ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Contribuciones aeróbicas/anaeróbicas al aporte energético total desde 200 metros hasta 10 km. (Duffield et al., 2005) (Página 10).
- Figura 2. Realización de ejercicios durante la intervención. (Elaboración propia) (Página 23).
- Figura 3. Diferencia estandarizada de cada variable obtenida entre el grupo intervención y el grupo control (Elaboración propia) (Página 30).

3. ÍNDICE DE ABREVIATURAS

- ACSM: Colegio Americano de Medicina Deportiva
- CEICA: Comité de Ética de la Investigación de la Comunidad de Aragón
- CMJ: Countermovement jump
- DE: Desviación estándar
- RFS: Restricción del flujo sanguíneo
- RM: Repetición máxima
- VO₂max: Volumen máximo de oxígeno

4. RESUMEN

El propósito de este estudio fue examinar y comprobar si los efectos de un programa de entrenamiento de fuerza con restricción del flujo sanguíneo (RFS) de 4 semanas de duración provocaba una mejora de la capacidad aeróbica y fuerza del tren inferior en corredores entrenados.

Dieciocho participantes fueron reclutados para la elaboración de este estudio, siendo aleatoriamente asignados a grupo intervención y a grupo control. Aquellos sujetos incluidos en el grupo intervención completaron un programa de ejercicios de fuerza con RFS combinado con sus entrenamientos habituales de carrera, mientras que el grupo control completó el mismo programa de ejercicios de fuerza sin RFS, junto a los mismos entrenamientos habituales de carrera.

El protocolo de ejercicios de fuerza con y sin RFS consistió en sentadillas sin carga externa (3 series de 12 repeticiones), zancadas alternas sin carga externa (3 series de 8 repeticiones para ambas piernas), sentadilla con salto (3 series de 12 repeticiones) y zancadas con salto en tijera (3 series de 10 repeticiones para ambas piernas).

Los descansos fueron de 60 segundos entre series, y 2 minutos entre ejercicios. Se realizaron los siguientes test pre- y post-intervención: perímetro del muslo, perímetro de gemelo, tiempo en 500 y 1000 metros, longitud de salto horizontal y salto vertical.

Los resultados mostraron que este programa produce una hipertrofia en los miembros del tren inferior, así como un aumento de la capacidad de salto horizontal. Respecto a la capacidad aeróbica no se obtuvieron datos significativos.

Se concluye este trabajo con la reflexión de que puede ser un método útil para incrementar niveles de masa muscular así como de potencia asociados a la capacidad de salto.

PALABRAS CLAVE: Restricción del flujo sanguíneo, capacidad aeróbica, fuerza tren inferior, programa de fuerza.

5. ABSTRACT

The purpose of this study was to examine and test whether the effects of a 4-week restricted blood flow (RFS) strength training program resulted in improved aerobic capacity and lower body strength in trained runners.

Eighteen participants were recruited for this study and were assigned in two groups. An intervention group, who completed a strength exercise program with RFS combined with their usual running workouts, while the control group completed the same resistance exercise program without RFS, along with the same usual running workouts.

The protocol of strength exercises with and without RFS consisted of squats without external load (3 sets of 12 repetitions), alternating lunges without external load (3 series of 8 repetitions for both legs), squat with jump (3 series of 12 repetitions) and lunges with scissor jump (3 sets of 10 repetitions for both legs). Each set was separated by 60 seconds of rest and 2 minutes of rest between exercises.

The following pre- and post-intervention tests were performed: thigh circumference, calf circumference, 500 and 1000 meter time, horizontal jump length and vertical jump.

The results showed that this program produces hypertrophy in the lower limbs, as well as an increase in horizontal jumping capacity. With respect to aerobic capacity, no significant data were obtained.

This work concludes with the reflection that it can be a useful method to increase muscle mass levels as well as power levels associated with jumping capacity.

KEY WORDS: Blood flow restriction, aerobic capacity, lower body strength, strength program

6. INTRODUCCIÓN.

El desarrollo de nuevas intervenciones para la mejora de medidas fisiológicas de la capacidad aeróbica y el rendimiento aeróbico son, actualmente investigaciones de gran alcance que buscan obtener un beneficio tanto para entrenadores como para deportistas. (Bennett & Slattery, 2019)

Tener una gran capacidad aeróbica puede mejorar los deportes de rendimiento (Billat, 2002), así como mejorar la capacidad de recuperación del deportista (Tomlin & Wenger, 2001), y producir adaptaciones positivas para la salud en este. (Kodama et al., 2009)

Sin embargo, para que esta capacidad aeróbica mejore, se requiere métodos de entrenamiento de mayor intensidad para obtener una mayor respuesta (Ferguson, 2014), es por ello que se deben desarrollar métodos que puedan ayudar al mantenimiento y mejora de estas capacidades aeróbicas durante periodos en las que los entrenamientos de alta intensidad no son adecuados (periodos de rehabilitación, periodos de cargas reducidas...). (Bennett & Slattery, 2019)

El entrenamiento de fuerza con restricción del flujo sanguíneo (RFS) o como es realmente conocido como *KAATSU* de acuerdo a su origen japonés (“entrenamiento con presión añadida”), ha demostrado tener una gran popularidad e interés científico a lo largo de las últimas décadas. Se ha convertido en un método muy popular en entornos deportivos, centros de rehabilitación... de manera que ha sido utilizado para incrementar el estrés fisiológico mientras se utilizan intensidades relativamente bajas. (Jeremy P Loenneke et al., 2012)

Este método implica ejercitarse con una constricción externa mediante un dispositivo electrónico aplicados a la musculatura proximal de la extremidad con la intención de restringir fisiológicamente la sangre venosa. (Jeremy P Loenneke et al., 2012)

El entrenamiento con RFS puede causar una disminución tanto en el aporte de oxígeno como en la eliminación de metabolitos, creando un entorno estresante cuya finalidad es estimular las adaptaciones físicas. (Suga et al., 2009)

Efectos observados en los ejercicios realizados con RFS incluyen: aumento de la frecuencia cardíaca, del reclutamiento de fibras musculares y de la producción de hormonas sistémicas. (Jeremy P Loenneke et al., 2012)

Por otra parte, se ha demostrado que incrementa la hipertrofia muscular, además del desarrollo de la fuerza muscular en deportistas (Cook et al., 2014), población de tercera edad (Vechin et al., 2015) y población enferma (Mattar et al., 2014) usando cargas del 20-50 % 1RM.

Además, la combinación de este entrenamiento con el trabajo aeróbico, supone un método útil para la mejora de la capacidad cardiorrespiratoria en población enferma, a la vez de ofrecer un medio para mantener el rendimiento aeróbico en población atlética durante periodos de entrenamiento reducidos. (Jeremy P Loenneke et al., 2012)

Asimismo, este tipo de entrenamiento, puede permitir el desarrollo de fuerza muscular en poblaciones donde el entrenamiento con cargas altas no es adecuado, como es el caso de un atleta en fases de temporada competitiva o en fase de rehabilitación. (Hughes et al., 2017)

Finalmente, los riesgos de este método han demostrado ser inexistentes, (Jeremy P Loenneke et al., 2012) por lo que se puede apreciar que es una práctica segura que potencialmente podría mejorar tanto aspectos fisiológicos, como de rendimiento durante eventos reales de competición. (Jeremy P Loenneke et al., 2012)

Por todo ello, resulta de gran interés una investigación en la que se compruebe la eficacia de este tipo de entrenamiento con RFS en el rendimiento deportivo.

Los hallazgos del presente trabajo (en el que se estudian corredores de medio-fondo) podrían suponer un gran avance para la comunidad científica.

Se espera que esta técnica produzca efectos positivos sobre la percepción subjetiva del esfuerzo, la respuesta fisiológica de los participantes y el rendimiento deportivo.

7. MARCO TEÓRICO

7.1 MODALIDAD DE ATLETISMO MEDIO-FONDO

El objetivo principal de las carreras de atletismo de competición es cubrir una distancia en el menor tiempo posible. (Hornillos, 2000)

El atletismo se estructura sobre tres habilidades básicas en el comportamiento motor del ser humano: desplazamientos (correr y andar), saltos y lanzamientos. (Hornillos, 2000)

Las carreras de media distancia o medio fondo son unas de las diferentes pruebas que ofrece el atletismo, abarcando desde los 800 a los 3000 metros. Siendo únicamente oficiales en los juegos Olímpicos las pruebas de 800 y 1500 metros. (Hornillos, 2000)

7.2 DEMANDAS FISIOLÓGICAS

El objetivo fundamental del entrenamiento de medio-fondo es producir cambios fisiológicos en los sistemas funcionales que permiten al organismo correr a intensidad sostenida en las distancias establecidas. Es por ello, que, la planificación de cargas adecuadas de entrenamiento deberá ubicarse entre los principales elementos fisiológicos responsables de estos cambios, para lograr un objetivo competitivo. (Raposo, 2000)

A la hora de analizar los principales factores de rendimiento de estos deportistas nos encontramos con tres capacidades que juegan un papel fundamental: La capacidad aeróbica, potencias aeróbicas y anaeróbica glucolítica. Además de estas, destacan también la capacidad y potencia anaeróbica aláctica, el acondicionamiento global del atleta, además de los entrenamientos de fuerza y flexibilidad, cabiendo la posibilidad de que dos corredores logren rendimientos similares con perfiles fisiológicos diferentes. (Billat, 2002)

El VO_2max es el principal límite fisiológico en este tipo de pruebas con un límite alrededor de los 6 minutos. El umbral anaeróbico es la máxima intensidad que puede mantenerse durante 60 minutos; Siendo factor de rendimiento en este tipo de modalidades. (Billat, 2002)

Por otro lado, la velocidad aeróbica máxima se corresponde con la velocidad que un atleta de élite puede mantener entre 2.500 y 3.000 metros, considerado también factor de rendimiento en esta modalidad deportiva. (Dirrigger, 2004)

Como se observa en la figura 1 las demandas energéticas y las vías metabólicas utilizadas en esfuerzos de 3-5 minutos predomina el metabolismo aeróbico en un 86-94% (atendiendo a diferencias interindividuales) frente al metabolismo anaeróbico. (Delmas, 2012)

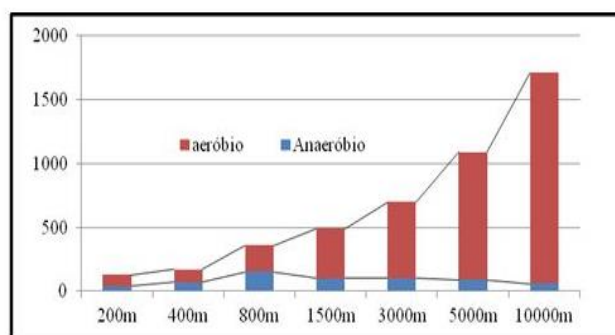


Figura 1. Contribuciones aeróbicas/anaeróbicas al aporte energético total desde 200 metros hasta 10 km. (Duffield et al., 2005)

Respecto a las pruebas de 1.500 y 3.000 metros los esfuerzos son lácticos extensivos, presentando valores entre 8 y 14 mmol/L, siendo la vía anaeróbica láctica y la vía aeróbica las predominantes. (Duffield et al., 2005)

Mayores niveles de ácido láctico suponen una mayor intervención de la glucólisis rápida, que conlleva a una mayor producción de ATP. No obstante, una excesiva producción de lactato sin su correcta reutilización dará lugar a la aparición de fatiga muscular y consecuentemente disminuirá el rendimiento. (Duffield et al., 2005).

En 800 metros ya hay un predominio aeróbico de un 58-62%. En la tabla 1 se busca identificar esa intensidad fisiológica de las principales distancias teniendo en cuenta el nivel de marcas. En ellas, se han realizado estimaciones basadas en el % de la velocidad aeróbica máxima, del VO₂max y del lactato. (Duffield et al., 2005)

Prueba	% VAM ó Vpico	% VO ₂ máx Estimado o real	Lactato final (mMol/L)	Nivel de rendimiento
800	120 (Thomas et al 2005)	112 (Spencer y Gastin 2001) estimado	♂ 21,9; ♀ 18,6 (LA final) (Lacour et al 1990b)	♂ 1:47 ♀ 2:03
		90 (Spencer y Gastin (2001) real)	♂ 17,5 (LA final) (Thomas et al 2005b)	♂ 1:55
	119,1 (Lacouret al 1990a)	90 (Duffiel et al 2005b real)	♂ 18,1 : ♀ 14,1 (LA final) (Hill 1999)	♂ 2:00 ♀ 2:23
		89 (Sandais et al 2006)	♂ 12,4 : 10,2 (LA final) (Duffield et al 2005b)	♂ 2:06 ♀ 2:31
1500	108,9 (Lacour et al 1990a)	102 ((Spencer y Gastin 2001 estimado)	♂ 20,8 (LA final) Lacour et al 1990b)	♂ 3:35
		94 (Spencer y Gastin (2001 real)	♂ 16,6 : ♀ 13,2 (LA final) (Hill 1999)	♂ 4:06 ♀ 5:16
	106-108 (Padilha et al 1992)	96 (Duffiel et al 2005a real)	♂ 11,5 : ♀ 10,6 (LA final) Duffield et al 2005a)	♂ 9:37 ♀ 10:35
3000	100,5 (Lacour et al (1990a) 98 (Billat 2002) 100 a 96 (Padilla et al 1992)	98 (Duffield et al 2005a real) 99,7 (Péronnet et al 2001)	♂ 8,6 : ♀ 8,1 (LA final) (Duffield et al 2005a) 16,9 (LA final) (Shave et al 2001)	♂ 10:21 ♀ 10:19
5000	97,7 (Lacour et al 1990a) 94 (Billat 2002)	96,8 (Péronnet et al 2001)		

Tabla 1. % de VAM, % de VO₂max y lactato final en pruebas de 800 a 5000 metros. (Duffield et al., 2005)

El entrenamiento fraccionado de alta intensidad y el entrenamiento de sobrecargas de alta intensidad realizados durante la fase no competitiva de un programa de entrenamiento de un atleta de resistencia puede mejorar sustancialmente el rendimiento y las mediciones fisiológicas relacionadas (Duffield et al., 2005) tal y como refleja la Tabla 2.

800 metros	% Aeróbica	1500 metros	% Aeróbica
0-30 s	20-40	0-30 s	57
30-60 s	40-73	30-60 s	84
60-90s	58-76	60-90s	87
90-120s	66-80	90-120s	88
Promedio	63-69%	120-150	89
		150-180	89
		180-210	89
		210-240	89
		Promedio	83%

Tabla 2. Ejemplo de contribución de fuentes aeróbicas en el 800 y el 1500. (Duffield et al., 2005)

El entrenamiento fraccionado a intensidades cercanas al VO_2max (intervalos de 2-10 minutos de duración) son las idóneas para producir mejoras en el rendimiento en este tipo de pruebas. (Duffield et al., 2005)

La mejora en los tres componentes (VO_2max , umbral anaeróbico y economía de esfuerzo) produce una mejora en el sistema aeróbico. (Duffield et al., 2005)

7.3 MÉTODOS DE ENTRENAMIENTO DE MEDIO-FONDO EN LA FUERZA.

El entrenamiento de fuerza tiene grandes efectos beneficiosos en corredores entrenados de media y larga distancia. Los estudios revelan que la intervención de la fuerza en este tipo de esfuerzo produce efectos beneficiosos y significativos en la economía de carrera. (Balsalobre-Fernández et al., 2017)

Una de las principales preocupaciones de realizar un entrenamiento simultáneo de fuerza y resistencia es el conocido fenómeno de interferencia, a través del cual el desarrollo de una de estas capacidades se ve perjudicado por el entrenamiento de la otra. (Fyfe et al., 2014). Por lo que encontrar el equilibrio entre las sesiones de entrenamiento de fuerza y las sesiones de entrenamiento de resistencia es crucial. (Baar, 2014; Piacentini et al., 2013)

Una sesión de entrenamiento de fuerza a la semana es insuficiente para aumentar la potencia muscular en corredores entrenados de media y larga distancia, debido a la carga tan alta de entrenamiento de resistencia. (Fyfe et al., 2014)

La carga de entrenamiento de la fuerza debe incluir al menos 2 sesiones de entrenamiento de fuerza por semana e incluso artículos estudiados aconsejan la realización de 3 sesiones por semana. (Fyfe et al., 2014; Mikkola et al., 2007)

El entrenamiento de fuerza produce mejoras significativas en la fuerza muscular, producción de potencia, altura de salto y economía de esfuerzo (Mikkola et al., 2007). Por lo que, un programa de fuerza podría ser una estrategia válida para la mejora de la economía de carrera y la fuerza muscular en los atletas. (Fyfe et al., 2014; Mikkola et al., 2007)

Los programas de fuerza más comunes para corredores entrenados de media y larga distancia se basan en ejercicios de sobrecargas sobre el tren inferior, así como sentadillas o extensiones de pierna combinadas con ejercicios pliométricos (Mikkola et al., 2007), estos producen mejoras relacionadas con el desempeño neuromuscular, tales como la fuerza máxima, producción de potencia muscular, rigidez de los tendones y tasa de desarrollo de la fuerza. (Cormie et al., 2010) Siendo el factor neuromuscular un factor de rendimiento imprescindible en esta modalidad deportiva. (Bevan et al., 2010)

Por otro lado, se ha observado una correlación significativa entre la capacidad de salto y el tiempo para recorrer 800, 3000 y 5000 metros en corredores entrenados. (Hudgins et al., 2013) Los atletas más rápidos presentan mayor capacidad de salto y potencia muscular y menor amplitud en el ciclo estiramiento-acortamiento, además de tiempos de contacto más cortos en el suelo, y economía de carrera más eficiente. (Hudgins et al., 2013)

Las intensidades del entrenamiento de fuerza para este tipo de corredores utilizan cargas bajas y medias en torno al (40-70% 1RM) y un volumen bajo de ejercicios (2-4) ejercicios, por lo que la duración del entrenamiento oscila de los 30-60 minutos. (Hudgins et al., 2013)

El entrenamiento hasta el fallo produce una enorme fatiga metabólica y neuromuscular que podría conducir a una transición de fibras de contracción lenta y reducir la producción de potencia muscular. (Balsalobre-Fernández et al., 2017) Por lo que, mantener unos valores elevados de potencia muscular y no inducir fatiga metabólica y neuromuscular es crucial para el rendimiento en corredores de medio fondo. (Balsalobre-Fernández et al., 2017)

7.4 MÉTODO DE RESTRICCIÓN DE FLUJO SANGUÍNEO

El método de RFS, conocido originalmente como entrenamiento *KAATSU* (del japonés: entrenamiento con presión añadida), es una técnica de entrenamiento basada en la restricción del flujo sanguíneo eferente durante ejercicios de cargas de baja intensidad. (Jeremy P Loenneke et al., 2012)

Esta fue popularizada en Japón y creada por Yoshiaki Sato hace más de 30 años (1985), el cual investigó los efectos de este tipo de práctica. (Hernández & Medrano, 2013)

KAATSU nace gracias a subvenciones del estado de Japón, para elaborar un plan de entrenamiento que incrementa la autonomía de los ancianos. (Hernandez & Medrano, 2013) por lo que emerge como un método muy novedoso y alternativo para población con necesidad de ganar fuerza muscular, sin necesidad de movilizar cargas de alta intensidad. (Martín-Hernández et al., 2010)

Como se mencionó anteriormente, este entrenamiento restringe temporalmente el riego sanguíneo hacia la musculatura implicada, pudiendo utilizarse para ello diferentes dispositivos como, por ejemplo, bandas elásticas, cintas de velcro o torniquetes neumáticos. (Laurentino et al., 2008)

KAATSU utiliza unas bandas neumáticas que, mediante un dispositivo electrónico, programa la intensidad inducida por aire. Estas se colocan en la parte proximal de la extremidad que se desea entrenar induciendo una situación de hipoxia local, siendo este método, diferente de los demás entrenamientos neuromusculares existentes. (Laurentino et al., 2008)

Esta restricción del flujo sanguíneo supone una disminución del aporte de oxígeno (los músculos implicados entran en hipoxia local). A su vez, hay un déficit de nutrientes, viéndose afectada la musculatura, incrementando sustancialmente el estrés fisiológico. (Laurentino et al., 2008)

KAATSU emplea intensidades bajas de entre 20% y 50% 1RM pudiendo conseguir mejoras similares a los entrenamientos tradicionalmente conocidos de fuerza e hipertrofia (Trabaja con cargas 70-85 % 1RM). (Laurentino et al., 2008) (Patterson & Ferguson, 2010) (Kubo et al., 2006)

Las adaptaciones neurales inducidas por el entrenamiento RFS no tienen lugar al comienzo del programa de entrenamiento, al contrario de lo que sucede en un programa de entrenamiento tradicional, por lo que las ganancias iniciales de fuerza pueden ser explicadas sobre todo por los aumentos de la masa muscular que suceden con antelación. (Jeremy P Loenneke et al., 2012).

Se afirma que las adaptaciones neurales inducidas por el entrenamiento RFS no tienen lugar al comienzo del programa de entrenamiento, lo contrario que sucede en un programa de entrenamiento tradicional. (Jeremy P Loenneke et al., 2012)

Los parámetros de la prescripción de ejercicio aconsejada para este tipo de entrenamiento son: (Martín-Hernández et al., 2010) (Jeremy P Loenneke et al., 2012)

- Frecuencia de entrenamiento: 1 sesión por día de 2-3 veces por semana
- Presión o nivel de la oclusión: 100-240 mmHg.
- Intensidad (%RM): 20-40%
- Repeticiones por serie: 15-30 o más
- Volumen: 3-5 series al fallo (60-70 repeticiones por sesión).
- Densidad: 30-60 segundos, (con descanso entre las series)
- Velocidad de ejecución (2:2)
- Total, de tiempo de la sesión: 10-15 minutos

7.5 RFS Y ADAPTACIONES FISIOLÓGICAS

Analizando los efectos del entrenamiento con RFS, se deben exponer las diferencias existentes entre este tipo de entrenamiento respecto a uno convencional.

Una de las principales diferencias reside en la capacidad para favorecer el reclutamiento de unidades musculares tipo II ante bajas cargas externas. (Takashi Abe et al., 2006) Dicho reclutamiento podría deberse a la situación de hipoxia localizada, que necesariamente requiere aumentar el metabolismo anaeróbico láctico para poder hacer frente a la resíntesis de ATP. (Takashi Abe et al., 2006)

Por otro lado, ocasiona una disminución del retorno venoso, como respuesta a la RFS que hace que el volumen sistólico disminuye (Takashi Abe et al., 2006) y que en consecuencia tanto la frecuencia cardíaca como la tensión arterial tengan que elevarse con objetivo de normalizar el gasto cardíaco, (T. Abe & Yasuda, 2005) tal y como se presenta en la tabla 3.

Se produce un aumento progresivo de los niveles de lactato que hacen que se incremente la hormona de crecimiento o GH (Takarada et al., 2000) que podrían ser similares a los logrados mediante un entrenamiento con cargas correspondientes al 70-85 % de 1RM. (Kraemer et al., 2002) El incremento de los niveles de GH incide en el crecimiento muscular tanto directamente como indirectamente a través del factor de crecimiento similar a la insulina o IGF, (Jeremy P. Loenneke et al., 2012) véase en la tabla 3.

	Efecto del entrenamiento con RFS
Frecuencia cardíaca	Aumento de la frecuencia cardíaca (Takano y col., 2005)
Tensión arterial	Aumento de la tensión arterial (Abe y col., 2010)
Volumen sanguíneo	Disminución del volumen sistólico (Takano y col., 2005)
Neuromuscular	Aumento del reclutamiento de fibras musculares tipo II (Takarada y col., 2000 a)
Neuroendocrino	Aumento de los niveles de hormona del crecimiento (Reeves y col., 2006; Sato y col., 2005; Takarada y col., 2000 a) Menor aumento de los niveles de testosterona (Reeves y col., 2006) Disminución de los niveles de cortisol (Abe y col., 2005)
Metabolismo	Aumento de la glucólisis anaeróbica láctica (Abe y col., 2006)
Daño muscular	Menores niveles de creatinquinasa (Thiebaud y col., 2013)

Tabla 3. Efectos del entrenamiento con RFS sobre diferentes parámetros fisiológicos.

(Reina-Ramos & Domínguez, 2014)

Por otra parte, el efecto anabólico de este tipo de entrenamiento, podrían ocasionar un menor efecto catabólico al atenuar la respuesta del cortisol al ejercicio, (T. Abe & Yasuda, 2005) al mismo tiempo disminuyen los niveles de creatinquinasa. (Jeremy P Loenneke et al., 2012) Todas estas respuestas son favorables aun a pesar de la ineffectividad de esta metodología de entrenamiento para modificar los niveles de testosterona.

En cuanto al desempeño muscular de este tipo de entrenamiento, se caracteriza por un menor incremento en los niveles de creatinquinasa con respecto a un entrenamiento de pesas convencional de altas cargas, (Thiebaud et al., 2013) por lo que, la función nerviosa a pesar de que recibe una respuesta aguda, no se ve alterada tras un periodo de entrenamiento a largo plazo. (Clark 2013)

A pesar de que los estudios demuestran la seguridad del entrenamiento con RFS, se debe tener precaución en la realización del mismo, ya que, únicamente se han realizado con población sana (Pope et al., 2013). Por lo tanto, este entrenamiento ante la falta de estudios se debe desaconsejar a personas con patologías cardiovasculares y/o neurológicas, así como recomendar un examen previo al médico para la realización de este tipo de entrenamiento. (Pope et al., 2013)

7.6 RFS Y CONDICIÓN FÍSICA

Uno de los principales efectos del método de RFS es producir incrementos en la masa muscular. La literatura científica revela, que al realizar este tipo de entrenamiento se produce una acumulación metabólica en la célula muscular inducida por la restricción del flujo venoso, lo que potencia un incremento de la tasa de síntesis proteica. (Martín-Hernández et al., 2010) Además, se produce una situación de hipoxia localizada, lo que favorece un mayor reclutamiento de fibras musculares rápidas ante una misma carga. Estos son los argumentos científicos con más peso que podrían explicar la mayor hipertrofia muscular que se produce con el método de RFS. (Moritani et al., 1992).

Comparado con el entrenamiento sin RFS: Estudios demuestran que realizar entrenamiento con RFS aumenta la sección transversal de un 5,7% y 7,6% en cuádriceps e isquiotibiales, acompañado de un aumento de 6,1 % en los aductores, un 7,4% sobre la fuerza dinámica máxima y un 8,4% en la fuerza isométrica máxima. (T. Abe & Yasuda, 2005)

La respuesta hormonal producida por la RFS también parece ser un indicador del proceso de hipertrofia muscular, aunque no se ha demostrado que la glándula hormonal sea la responsable de incrementar esa síntesis proteica, ni que tenga esa influencia directa en el proceso de hipertrofia muscular, por lo que no se ha establecido esa contribución real al crecimiento muscular de la elevada secreción de la glándula hormonal inducida por el proceso de entrenamiento. (Wilkinson et al., 2006)

El Colegio Americano de Medicina Deportiva (ACSM) recomienda el entrenamiento con pesas de al menos el 70% 1RM para lograr hipertrofia muscular. Intensidades inferiores no producen hipertrofia ni ganancias de fuerza significativas. (“American College of Sports Medicine Position Stand. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults.,” 2009)

Sin embargo, personas de tercera edad o atletas en periodos de rehabilitación son incapaces de soportar estas cargas elevadas, por lo que este entrenamiento podría ser utilizado como alternativa para este tipo de población. (Takashi Abe et al., 2006)

Añadir que recientemente se ha demostrado que la hipertrofia muscular ocurre incluso con intensidades del 20% 1RM con restricción moderada de 100 mmHg, (T. Abe & Yasuda, 2005) y que a su vez también podría ser beneficioso en atletas entrenados, en periodos de rehabilitación o periodos competitivos. (Takarada et al., 2000)

En cuanto a la condición aeróbica suelen emplearse contracciones de una intensidad en torno al 20% de 1RM, por lo que se pretende averiguar si el entrenamiento de RFS en torno a estos porcentajes produce mejoras en la capacidad aeróbica en los corredores. (Takarada et al., 2000)

Es por ello, que uno de los objetivos es averiguar si el entrenamiento de RFS produce mejoras en la capacidad aeróbica. Por lo que, estudios que llevan a cabo programas de 8 semanas en 3 sesiones semanales de 15 minutos, combinando ejercicios de baja intensidad con y sin RFS, detallan que la condición de entrenamiento con RFS produjo mejoras de un 6,4 % en el VO_2max , así como en la sección transversal del cuádriceps 2,1 y la fuerza isométrica máxima en un ejercicio de extensión de piernas 7,7 %. (Takashi Abe et al., 2010)

7.7 UTILIDADES Y LIMITACIONES EN EL ENTRENAMIENTO DE RFS.

Numerosos estudios científicos destacan los incrementos de la masa muscular significativos y más rápidos en el tiempo con este tipo de entrenamiento en comparación a grupos que no utilizaron RFS. A su vez y de forma simultánea también se recogen valores de ganancias de fuerza, incluso con actividades de muy baja intensidad, como la marcha o el pedaleo con RFS. (Takashi Abe et al., 2006), (Jeremy P Loenneke et al., 2012)

Este método no se emplea únicamente en población deportista o de élite, sino que también es interesante para poblaciones que no puedan soportar el estrés mecánico o cardiovascular inducido por un entrenamiento de elevada resistencia, alta intensidad o para recuperar o preservar la masa muscular tras un periodo de inmovilización. (Martín-Hernández et al., 2010)

No obstante, nos encontramos con algunas limitaciones para el estudio con RFS, como es la de no permitir entrenar con todos los músculos del cuerpo, ya que no se puede utilizar en la musculatura proximal del tronco, el dorsal ancho... añadir que las adaptaciones del tipo neural que provoca son reducidas, con el inconveniente que puedan conllevar para favorecer una transferencia específica a la práctica deportiva.

Para demostrar su utilidad en el ámbito deportivo son necesarios estudios como este que comparen las adaptaciones inducidas por el entrenamiento oclusivo en comparación con el entrenamiento tradicional de fuerza de elevada intensidad. (Martín-Hernández et al., 2010)

7.8 SEGURIDAD Y ASPECTOS ÉTICOS.

Una cuestión importante y que puede generar reticencias o alarmas, es todo aquello que está relacionado con la seguridad y los posibles efectos adversos o contraindicaciones de este tipo de entrenamiento. A pesar de esto, lo cierto es que el entrenamiento de RFS, en combinación con el entrenamiento de baja intensidad, no supone un riesgo para la salud, ya que la respuesta cardiovascular, como la activación de los factores de coagulación están muy por debajo de los niveles registrados tras entrenamientos de media y alta intensidad. (Martín-Hernández et al., 2010)

En apoyo a esta cuestión podemos destacar el artículo de Loenneke y sus colaboradores en (2011) sobre los aspectos de seguridad de este tipo de entrenamiento con RFS el cual presenta mayores riesgos que el entrenamiento tradicional. (J. P. Loenneke et al., 2011).

Añadir que hay falta de investigaciones que garanticen la seguridad de su aplicación en personas con distintos niveles de riesgo cardiovascular y diferentes tipos de poblaciones clínicas, además de haber escasas investigaciones con deportistas de alto nivel (élite que contrasten este tipo de entrenamiento con el entrenamiento tradicional y posteriormente se pueda comprobar su rendimiento en carrera).

8. METODOLOGÍA

8.1 PARTICIPANTES

Esta investigación empleó un diseño controlado y aleatorizado. Los participantes que fueron reclutados pertenecían al Club Deportivo Zoiti (Huesca) y equipo Triatlón club ciclista Oscense. Se consiguió reclutar a 18 participantes, 7 fueron destinados al grupo intervención, el cual realizó ejercicios con el método de RFS, y los 11 participantes restantes fueron destinados al grupo control que realizó los mismos ejercicios sin RFS. Para la realización del proceso de aleatorización, se utilizó la fórmula =ALEATORIO de Excel.

Los corredores debían tener 3-4 años de experiencia en pruebas de medio fondo y entrenar un mínimo de 4-5 horas a la semana. El presente estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Investigación de la Comunidad de Aragón (CEICA), con número PI21/0032 (Anexo I).

8.2 INTERVENCIÓN

Se programó una intervención de 4 semanas de entrenamiento con 7 sujetos que realizaron un programa de fuerza con RFS y 11 sujetos que realizaron el mismo programa de fuerza sin RFS, con el objetivo de comprobar si se producían mejoras significativas en la capacidad aeróbica, en los valores de fuerza de tren inferior y composición corporal del tren inferior.

Los atletas incluidos en el grupo RFS realizaron un entrenamiento combinado de ejercicios de fuerza con RFS antes de su entrenamiento habitual de carrera. al mismo tiempo, el grupo control realizó el mismo programa combinado de ejercicios de fuerza sin RFS, también antes de su entrenamiento habitual de carrera.

El aparato a utilizar serán las bandas “KAATSU CYCLE 2.0” un dispositivo automático que cuenta con unas bandas neumáticas controladas por aire. El dispositivo controla y monitoriza la presión ejercida por las bandas al modificar la cantidad de aire introducido en las mismas. El equipo cycle 2.0 es capaz de incorporar más o menos aire para mantener un mismo grado de RFS constante durante todo el ejercicio. El desarrollo experimental de sesiones programa de entrenamiento incluyó 2 sesiones de ejercicios de fuerza a la semana. Las sesiones serán realizadas los martes y jueves en la Ciudad Deportiva José María Escriche, en las que harán un calentamiento específico para corredores, posteriormente realizarán movilidad articular, además de un calentamiento de fuerza específico: 10 repeticiones de sentadillas sin peso y 10 zancadas con cada pierna. A continuación del calentamiento, las bandas de restricción fueron colocadas en cada participante en la zona más proximal del muslo, con una presión inicial que permitiera un dedo de separación entre la banda y el muslo, pero no dos. Durante los intervalos de ejercicio, las bandas fueron infladas de forma constante hasta conseguir una presión de 200 mmHg. ya que una presión continua de 160-200 mm Hg ha demostrado ser segura **y efectiva** en numerosas investigaciones. (Formiga et al., 2020) (Bennett & Slaterry, 2019)

Se realizaron los siguientes 4 ejercicios de fuerza de tren inferior (Figura 3), tanto para el grupo RFS, como para el grupo control, con una duración aproximada de 20 minutos, y antes de su entrenamiento habitual (todos los ejercicios se realizaron sin carga externa; Figura 2).

- Sentadillas: 3 series de 12 repeticiones
- Zancadas: 3 series de 8 repeticiones con cada pierna
- Sentadillas con salto: 3 series de 12 repeticiones
- Zancadas con tijera: 3 series de 10 repeticiones.

Se realizó 1 minuto de descanso entre serie y 2 minutos de descanso entre ejercicios.

Durante los periodos de descanso, se liberó a los corredores de presión en las bandas de RFS, ya que mantenerlo durante tanto tiempo no es adecuado para el deportista por las molestias que esto pueda acarrear.



Figura 2. Ilustración de los ejercicios realizados durante la intervención.

8.3 TEST DE ANTROPOMETRÍA Y CONDICIÓN FÍSICA

Antes y después de la intervención se realizaron una serie de test antropométricos y de condición física.

- Test de 1000 metros; Se les informó a los participantes de que era una prueba máxima en la que debían conseguir la mejor marca posible. Durante esta prueba, se evaluó el tiempo parcial en 500 metros, la percepción subjetiva del esfuerzo antes de la prueba y al final, y tiempo final en 1000 metros. También se tuvieron en cuenta variables como el clima, el viento y la humedad.
- Test de salto horizontal pies juntos; Prueba realizada para medir la fuerza de las extremidades inferiores. Los sujetos debían partir con los pies juntos y tomando impulso con los brazos para obtener la máxima distancia posible, se les contabilizaba la parte más atrasada con la que tocaban. Se tuvo en cuenta la distancia de salto en 3 intentos.
- Test de salto vertical CMJ (Countermovement jump); en este test tiene como objetivo calcular la altura de vuelo del atleta, además de ver la potencia de tren inferior ejercida por el mismo y ver la fuerza explosiva. Se utilizó una plataforma de contactos (Chronojump) para medir el tiempo y la altura de vuelo. En esta prueba el sujeto se coloca encima de la plataforma, se sitúa con la mirada al frente y ambas manos en la cadera. En un movimiento descendente, rápido y continuo dobla las rodillas hasta un ángulo de flexión de 90° manteniendo el tronco lo más próximo posible al eje vertical y desde allí generar el impulso vertical. El sujeto debe mantener sus miembros inferiores y tronco en completa extensión, hasta la recepción con la plataforma. Es importante que el sujeto recepcione la caída ejecutando una flexión plantar a nivel de tobillo y en extensión de rodillas y cadera. Además, se evaluaron otras variables antropométricas:

- Antropometría: Basándose en el protocolo ISAK

- Perímetro de muslo:

Medición sobre la marca del punto medio del trocantereo – tibial lateral.

- Perímetro de gemelo

Medición en la que se consiga el máximo perímetro posible.

- Peso del atleta

- Edad

8.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se calcularon la media y la DE (desviación estándar) para cada variable. Todos los datos se transformaron logarítmicamente utilizando las hojas de Excel proporcionadas por Hopkins (Hopkins et al., 2009), obteniendo de esta manera la magnitud del cambio (%), el tamaño del efecto (ES) estandarizado propuesto por Cohen, y la evaluación cualitativa (posibilidades de que el suceso ocurra). Hopkins propone la inferencia estadística como mejor método para detectar cambios en el rendimiento deportivo, y crea el concepto del “mínimo cambio detectable” (o “smallest worthwhile change”) a partir del cual establece un umbral mínimo de cambio en una variable (un tamaño del efecto de 0,2) para que este sea significativo.

Para la interpretación del ES, Cohen propone los siguientes rangos y el tamaño del efecto: $> 0,2$ (efecto pequeño), $>0,6$ (efecto moderado) y $>1,2$ (efecto grande). (Hopkins et al., 2009).

Hopkins propone una evaluación cualitativa del efecto, según el tamaño del efecto calculado: $<1\%$ (casi con certeza no ocurrirá), 1% a 5% (muy poco probable), $> 5\%$ a 25% (poco probable), $> 25\%$ a 75% (posiblemente ocurra), $>75\%$ a 95% (probable), $>95\%$ a 99% (muy probable) y $> 99\%$ (casi con certeza). (Hopkins et al., 2009)

Si las probabilidades de tener un rendimiento beneficioso/mejor y perjudicial/peor eran dos de estos casos >5% la diferencia se evaluó como poco clara. De lo contrario, se interpretaría que cambiaría de forma significativa. (Hopkins et al., 2009)

9. RESULTADOS

Aunque inicialmente se reclutaron un total de 22 corredores, 4 fueron excluidos del presente estudio por las siguientes razones: 2 corredores no cumplieron con los criterios de inclusión, 1 corredor fue excluido debido a lesión durante el periodo experimental y 1 corredor fue excluido debido a la interrupción de la práctica. Por lo tanto, se obtuvo una muestra final de 18 corredores (11 fueron asignados al grupo control y 7 fueron asignados al grupo intervención), con los principales datos personales, así como altura, peso, índice de masa corporal y volumen de horas a la semana. (Tabla 4)

Tabla 4. Datos personales y antropométricos, media (SD)

	Todos (18)	Grupo control (11)	Grupo KAATSU (7)
Edad	27 (7)	26,2 (7,1)	28,4 (7,6)
Altura, cm	176,6 (5,8)	176,3 (4)	177,8 (8,3)
Peso	69,1 (5,6)	67,8 (5,9)	71,4 (5,1)
IMC	22,1 (1,44)	21,7 (1,4)	22,6 (1,4)
Volumen H/semana	9,1 (3)	8,8 (3,2)	10,5 (2,7)

Los resultados del análisis de diferencias intra-grupo mostraron las siguientes variables para cada grupo:

El grupo control, mostró mejoras en las pruebas de 500 y 1000 metros, por otro lado, no se observaron cambios en las variables antropométricas de perímetro de muslo, y gemelo. No se produjeron cambios significativos en el peso, salto horizontal, salto vertical y percepción subjetiva de esfuerzo inicial en la prueba de 1000 metros. Aunque sí que se apreció un aumento en la percepción subjetiva de esfuerzo final. (Tabla 5).

Tabla 5. Cambios dentro del grupo control en corredores después de 4 semanas de intervención

Pretest	Posttest		% (95% CL) Estandarizado (95%CL)		Probabilidades QA	
Pre-post control group	(N=11 males)	(N=11 males)				
Perímetro muslo (cm)	51,3 (2,68)	51,1 (2,71)	-0,4 (-0,8 to 0,0)	-0,07 (-0,14 to 0,00)	0/100/0%	Probablemente Trivial
Perímetro Gemelo (cm)	36,4 (1,93)	36,1 (1,84)	-0,7 (-1,2 to -0,2)	-0,11 (-0,20 to -0,03)	0 0/95/5%	Probablemente trivial
Tiempo 500 metros (segundos)	96,9 (9,21)	96,27 (7,59)	-0,6 (-4,6 to 3,6)	-0,06 (-0,45 to 0,34)	13/60/27%	Posiblemente perjudicial
Tiempo 1000 metros (segundos)	199,7 (19,96)	195,18 (14,98)	-2,1 (-5,6 to 1,6)	-0,20 (-0,54 to 0,15)	3/48/49%	Posiblemente perjudicial
Salto vertical (cm)	24,11 (4,97)	25,30 (5,23)	5,0 (-1,6 to 12,1)	0,22 (-0,07 to -0,50)	54/45/1%	Poco claro; faltan más datos
Salto horizontal (metros)	2,1 (0,20)	2,06 (0,25)	-2,3 (-2,3 to 0,2)	-0,22 (-0,45 to 0,02)	0/44/55%	Posiblemente perjudicial
Peso (kg)	67,8 (5,93)	67,54 (5,56)	-0,4 (-0,7 to 0,0)	-0,04 (-0,08 to -0,01)	0/100/0%	Probablemente trivial
RPE inicio de esfuerzo 1000 metros (1-10)	2,54 (1,75)	2,72 (2,19)	3,0 (-26,5 to 44,3)	0,04 (-0,43 to 0,52)	28/53/19%	Poco claro; faltan más datos
RPE final de esfuerzo 1000 metros (1-10)	7,09 (0,83)	8,18 (0,98)	15,3 (8,0 to 23,1)	1,10 (0,59 to 1,61)	100/0/0%	Lo más probable es que sea beneficioso

El grupo intervención, también mostró mejoras significativas en las pruebas de 500 y 1000 metros. Se observaron aumentos en el perímetro del muslo, como del gemelo. Asociados a una mejora significativa en la capacidad de salto horizontal y vertical. Además, se aprecia un aumento en la percepción subjetiva de esfuerzo inicial y final en la prueba de 1000 metros y, por el contrario, una disminución del peso corporal. (Tabla 6)

Tabla 6. Cambios dentro del grupo KAATSU en corredores después de 4 semanas de intervención

Pretest	Posttest		% (95% CL) Estandarizado (95%CL)		Probabilidades	QA
Pre-post KAATSU group	(N=7 males)	(N=7 males)				
Perímetro muslo (cm)	52,71 (2,62)	53,07 (2,38)	0,7 (0,0 to 1,4)	0,12 (0,00 to 0,25)	14/86/0%	Probablemente trivial
Perímetro Gemelo (cm)	38,28 (0,99)	38,52 (0,85)	0,6 (0,2 to 1,1)	0,22 (0,05 to 0,38)	00 57/43/0%	Posiblemente beneficioso
Tiempo 500 metros (segundos)	95,28 (4,99)	91,71 (4,78)	-3,7 (-8,1 to 0,9)	-0,62 (-1,38 to 0,14)	4/12/84%	Posiblemente perjudicial
Tiempo 1000 metros (segundos)	193,57 (9,48)	185,85 (8,19)	-4,0 (-7,2 to 0,6)	-0,69 (-1,28 to -0,11)	1/6/92%	Posiblemente perjudicial
Salto Vertical (cm)	24,75 (5,06)	30,00 (4,84)	21,9 (9,3 to 35,9)	0,89 (0,40 to 1,39)	98/1/0%	Muy probablemente beneficioso
Salto horizontal (metros)	2,03 (0,16)	2,14 (0,14)	5,5 (2,9 to 8,2)	0,60 (0,32 to 0,87)	98/2/0%	Muy probablemente beneficioso
Peso (kg)	71,4 (5,10)	70,58 (4,75)	-1,1 (-2,0 to -0,2)	-0,14 (-0,25 to -0,03)	0/84/16%	Probablemente trivial
RPE inicio de esfuerzo 1000 metros (1-10)	2,14 (1,06)	3,28 (2,28)	42,6 (15,6 to 75,9)	0,60 (0,24 to 0,95)	96/3/0%	Muy probablemente beneficioso
RPE final de esfuerzo 1000 metros (1-10)	6,71 (0,48)	8,71 (0,48)	29,9 (19,7 to 41,0)	3,03 (2,08 to 3,97)	100/0/0%	Lo más probable es que sea beneficioso

Para examinar las diferentes intra-grupos, se utilizó la hoja ANCOVA de Excel proporcionada por Hopkins, y así poder evaluar si la magnitud del cambio en una variable era diferente entre grupos.

El análisis estadístico mostró mejoras significativas asociadas a la diferencia estandarizada en las variables de salto horizontal ($ES= 1,62$) y salto vertical ($ES= 0,59$) del grupo intervención respecto al grupo control, además de producirse un aumento del perímetro de muslo ($ES=1,02$) y gemelo ($ES= 2,4$). También se observaron incrementos de la RPE inicial ($ES= 0,5$) y RPE final ($ES=0,51$) en diferencia al grupo control. Por otro lado, se registró un descenso en el peso de los corredores ($ES= 0,52$) y una disminución no significativa en la prueba de 500 metros ($ES= -0,14$) y prueba de 1000 metros ($ES= -0,15$). (Figura 2).

Los resultados muestran una mejora significativa en la capacidad de salto horizontal y un incremento en la hipertrofia muscular de las extremidades inferiores en el grupo intervención, como refleja el aumento del perímetro de muslo y gemelo en el grupo intervención. (Figura 2)

No obstante, no se detectaron diferencias significativas entre los grupos para las variables de 1000 y 500 metros (Figura 2). Ya que ambos grupos mejoraron de forma similar. (Tabla 5 y 6).

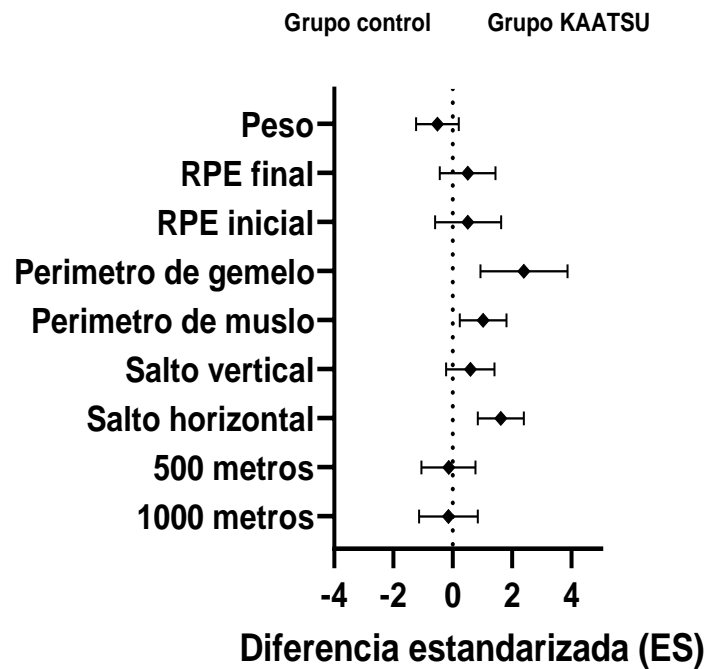


Figura 3. Diferencia estandarizada de cada variable obtenida entre el grupo intervención y el grupo control

10.DISCUSIÓN

Contrariamente a la hipótesis inicial, los principales hallazgos de este estudio de intervención mostraron que un periodo de entrenamiento con *KAATSU* cycle 2.0 de 4 semanas de duración (2 sesiones de fuerza por semana de 20 minutos de duración con una intensidad constante) no provoca mejoras adicionales en la capacidad aeróbica, ni en el rendimiento en 1000 metros en corredores de medio-fondo en comparación con el grupo control.

Este es el primer estudio en la literatura científica en examinar el efecto de un programa de RFS en el rendimiento aeróbico en una prueba de esfuerzo máximo de 1000 metros. Sin embargo, investigaciones anteriores han demostrado que el entrenamiento con RFS de baja intensidad provoca mejoras en el VO_{2max} , el sprint de 5 metros, la agilidad y la resistencia, por lo que, estos parámetros mejoran significativamente en el grupo de RFS en comparación con el grupo control que no utilizó RFS. (Scott et al., 2014) (Cook et al., 2014)

Estos autores confirman la mejora del entrenamiento con RFS en la resistencia en atletas, resultados que se contrastan con los hallazgos del presente estudio.

En cuanto al tren inferior, los principales hallazgos de esta investigación reflejan un aumento de la hipertrofia, que parecen ser similares a los observados por Lowery y colaboradores (Lowery et al., 2014) en un entrenamiento de altas cargas sin RFS.

Según Häussinger y colaboradores (HÄUSSINGER et al., 1990), esta hipertrofia muscular se debe a la inflamación celular, la cual podría ser producida por un incremento en la síntesis proteica.

Unos años más tarde, Loenneke y colaboradores (Jeremy P Loenneke et al., 2012) descubrieron que el entrenamiento con RFS provocaba un mayor contenido de agua en las células musculares, produciendo una respuesta intracelular anabólica. Esta postulación es apoyada por Andrew C. Fry y colaboradores (Fry et al., 2014) que observaron aumentos en el tamaño del músculo con entrenamiento de RFS en comparación con entrenamiento de baja intensidad sin RFS.

Los datos del estudio sugieren que el entrenamiento con RFS se puede utilizar en combinación con entrenamiento de fuerza de alta intensidad, pero sin cargas externas de forma eficaz para mejorar la masa muscular y la fuerza explosiva del tren inferior. De acuerdo a estos hallazgos, se puede emplear un programa de entrenamiento con RFS para provocar hipertrofia muscular sin causar un daño muscular (Scott et al., 2016).

En relación a lo anterior, el estudio halló mejoras en la capacidad de salto en los corredores que realizaron el entrenamiento de fuerza con RFS. Esta hipótesis es apoyada por Reina-Ramos, C y Domínguez, R (Reina-Ramos & Domínguez, 2014) quienes observaron que, un entrenamiento de 4 semanas de pretemporada, con 3 sesiones semanales en el que se realizaron 3 series de 20 repeticiones con el 20% de 1RM con RFS mejoraron significativamente los niveles de fuerza máxima (test de 1 RM en sentadilla) y los perímetros corporales en comparación con el mismo entrenamiento realizado sin RFS. (Yamanaka et al., 2012)

Provocar mejoras en el rendimiento de deportistas entrenados es difícil, debido a que la capacidad de mejora disminuye a medida que aumenta el nivel del deportista y su nivel de entrenamiento (Issurin, 2010).

De este modo, en el deportista será importante trabajar la capacidad de máxima generación de fuerza en los límites temporales que tienen lugar en la actividad deportiva (Rodríguez-Rosell et al., 2020). Estos límites se relacionan con la capacidad de fuerza explosiva, manifestada por la alta correlación existente en los saltos con contramovimiento (CMJ) y en el rendimiento en carreras de atletismo de distintas distancias. (Balsalobre-Fernández et al., 2017).

Por todo ello, el entrenamiento con RFS parece ser una metodología idónea para el aumento del rendimiento en este tipo de carreras, a la espera de investigaciones futuras que certifiquen esta hipótesis.

En relación a los efectos sobre el rendimiento aeróbico con RFS, estudios exponen que el entrenamiento cardiovascular con RFS puede mejorar los parámetros cardiorrespiratorios. Takashi Abe y colaboradores (Takashi Abe et al., 2010) llevaron a cabo un programa de entrenamiento de 8 semanas, con 3 sesiones semanales de 15 minutos en cicloergómetro y halló mejoras de un 6,4% en el VO_2max así como en la sección transversal del cuádriceps y la fuerza isométrica máxima en los miembros del tren inferior.

No obstante, no se encuentran estudios en la literatura que investiguen sobre la mejora de la capacidad aeróbica en una prueba concreta utilizando entrenamientos de fuerza con RFS. Se puede afirmar, que es el primer estudio científico que analiza este ámbito.

Finalmente, se ha demostrado que la combinación de ejercicios de fuerza con RFS, combinado con trabajo aeróbico no mejora el rendimiento en corredores, aunque se sugiere que pueda tener implicaciones positivas para la aptitud aeróbica.

Además, en este sentido, aunque las adaptaciones y los datos obtenidos siguen siendo confusos, la literatura expone que el entrenamiento con RFS combinado con trabajo aeróbico puede causar un aumento de la densidad capilar dentro del tejido del músculo, (Taylor et al., 2016) lo cual llevaría a un aumento posterior del VO_2Max .

Para concluir, los resultados de esta investigación indican que el ejercicio con RFS es un método viable para el incremento de la fuerza e hipertrofia del tren inferior, así como en la mejora de la capacidad de salto. Por otro lado, realizar ejercicios de fuerza con RFS para el perfeccionamiento de la capacidad aeróbica requiere una mayor consideración, es por ello que se necesitan más investigaciones previas a las recomendaciones prácticas.

11. LIMITACIONES

Las principales limitaciones del estudio demuestran que, a pesar de los numerosos estudios que existen en la literatura acerca de la utilización del entrenamiento con RFS como metodología del entrenamiento de la fuerza, son muy pocos los que directamente han realizado una intervención de larga duración en el que combine entrenamiento de fuerza con RFS y trabajo aeróbico. De todos ellos, únicamente 4 han tenido un periodo de entrenamiento de al menos 7-8 semanas, que podría ser considerado un periodo de entrenamiento mínimo para poder valorar la eficacia de un programa de entrenamiento orientado tanto a la mejora de la capacidad de fuerza e hipertrofia muscular y a la capacidad aeróbica de los corredores.

Por otro lado, no existe ningún artículo al respecto que hable sobre la mejora del rendimiento en una prueba de rendimiento concreta utilizando entrenamiento de fuerza con RFS, lo que complica la comparativa con estudios previos.

12. FORTALEZAS DEL ESTUDIO

El ejercicio aeróbico y la fuerza muscular es parte integral del mantenimiento de la salud y la función cardiovascular, mientras que también juega un papel clave en la mejora del rendimiento deportivo. En esta investigación demuestra que la combinación de RFS con ejercicio aeróbico puede provocar mejoras en la capacidad de salto y en la hipertrofia muscular, en el rendimiento aeróbico requiere ciertas consideraciones, aunque independientemente sea beneficioso para cierta población. A pesar de las limitaciones del estudio, el ejercicio aeróbico combinado con RFS parece tener aplicaciones beneficiosas cuando el entrenamiento de alta intensidad no es apropiado, aunque se necesite más investigación de alta calidad para demostrarlo.

El método de RFS puede ser beneficioso para aumentar la hipertrofia muscular y la capacidad de salto en un breve espacio de tiempo, además de ser un método muy apropiado para trabajar la fuerza.

La poca literatura científica encontrada en base a la mejora de la capacidad aeróbica realizando este entrenamiento combinado puede crear investigaciones futuras que descubran si es o no favorable para el rendimiento en investigaciones de mayor duración.

13. CONCLUSIÓN

El entrenamiento con RFS puede ser un método a utilizar en deportistas que busquen incrementar sus niveles de masa muscular, como de potencia asociados a la capacidad de salto, especialmente en aquellos deportistas que por diferentes condiciones no puedan entrenar con altas cargas.

Se sabe que el entrenamiento de fuerza con RFS puede proporcionar un medio alternativo para obtener un efecto hipertrófico en un período de tiempo relativamente corto, así como mejorar la capacidad de salto en sujetos entrenados.

No se ha podido certificar que el entrenamiento de fuerza con RFS mejora la capacidad aeróbica en corredores de medio-fondo entrenados.

Existe escasa bibliografía sobre la mejora del rendimiento combinando el entrenamiento de fuerza con RFS y, por lo que sería interesante que futuras investigaciones establezcan nuevas líneas de investigación en torno a la eficacia del entrenamiento con RFS.

14. BIBLIOGRAFÍA.

- Abe, T., & Yasuda, T. (2005). Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily “KAATSU” resistance training. *International Journal of KAATSU Training Research*, 1, 65–70.
- Abe, Takashi, Fujita, S., Nakajima, T., Sakamaki, M., Ozaki, H., Ogasawara, R., Sugaya, M., Kudo, M., Kurano, M., Yasuda, T., Sato, Y., Ohshima, H., Mukai, C., & Ishii, N. (2010). Effects of Low-Intensity Cycle Training with Restricted Leg Blood Flow on Thigh Muscle Volume and VO2MAX in Young Men. *Journal of Sports Science & Medicine*, 9(3), 452–458.
- Abe, Takashi, Kearns, C. F., & Sato, Y. (2006). Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 100(5), 1460–1466. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01267.2005>
- American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. (2009). *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(3), 687–708. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>
- Baar, K. (2014). Using molecular biology to maximize concurrent training. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 44 Suppl 2(Suppl 2), S117-25. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0252-0>
- Balsalobre-Fernández, C., Santos-Concejero, J., & V Grivas, G. (2017). Efectos del Entrenamiento de la Fuerza Sobre la Economía de la Carrera en Corredores Altamente Entrenados: Revisión Sistemática con Metaanálisis de Estudios Controlados-International Endurance Group. *PubliCE*.

- Bennett, H., & Slattery, F. (2019). Effects of blood flow restriction training on aerobic capacity and performance: A systematic review. In *Journal of Strength and Conditioning Research* (Vol. 33, Issue 2, pp. 572–583). NSCA National Strength and Conditioning Association. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002963>
- Bevan, H. R., Bunce, P. J., Owen, N. J., Bennett, M. A., Cook, C. J., Cunningham, D. J., Newton, R. U., & Kilduff, L. P. (2010). Optimal loading for the development of peak power output in professional rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 43–47. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c63c64>
- Billat, V. (2002). *Fisiología y metodología del entrenamiento: de la teoría a la práctica*. Paidotribo.
- Cook, C. J., Kilduff, L. P., & Beaven, C. M. (2014). Improving strength and power in trained athletes with 3 weeks of occlusion training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(1), 166–172. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0018>
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2010). Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(8), 1582–1598. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181d2013a>
- Delmas, M. G.-V. (2012). *Resistencia y entrenamiento: una metodología práctica*. Paidotribo.
- Dirrigger, J. M. (2004). La preparación de Mehdi Baala para el Campeonato del Mundo de París. En *RFEA. Campeonato Del Mundo París 2003*.
- Duffield, R., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Energy system contribution to 1500- and 3000-metre track running. *Journal of Sports Sciences*, 23(10), 993–1002. <https://doi.org/10.1080/02640410400021963>
- Ferguson, B. (2014). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription 9th Ed. 2014. In *The Journal of the Canadian Chiropractic Association* (Vol. 58, Issue 3, p. 328).

- Formiga, M. F., Fay, R., Hutchinson, S., Locandro, N., Ceballos, A., Lesh, A., Buscheck, J., Meanor, J., Owens, J. G., & Cahalin, L. P. (2020). EFFECT OF AEROBIC EXERCISE TRAINING WITH AND WITHOUT BLOOD FLOW RESTRICTION ON AEROBIC CAPACITY IN HEALTHY YOUNG ADULTS: A SYSTEMATIC REVIEW WITH META-ANALYSIS. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 15(2), 175–187.
- Fry, A. C., Kriley, L. M., & Butler, M. S. (2014). The effects of a 7-week practical blood flow restriction program on well-trained collegiate athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(8), 2270–2280.
- Fyfe, J. J., Bishop, D. J., & Stepto, N. K. (2014). Interference between concurrent resistance and endurance exercise: molecular bases and the role of individual training variables. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 44(6), 743–762. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0162-1>
- HÄUSSINGER, D., LANG, F., BAUERS, K., & GEROK, W. (1990). Interactions between glutamine metabolism and cell-volume regulation in perfused rat liver. *European Journal of Biochemistry*, 188(3), 689–695. <https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1990.tb15451.x>
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3–13. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
- Hornillos, I. B. (2000). *Atletismo* (B. temática del Deporte (Ed.); INDE).
- Hudgins, B., Scharfenberg, J., Triplett, N. T., & McBride, J. M. (2013). Relationship between jumping ability and running performance in events of varying distance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 563–567. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31827e136f>

- Hughes, L., Paton, B., Rosenblatt, B., Gissane, C., & Patterson, S. D. (2017). Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 51(13), 1003–1011. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097071>
- Issurin, V. B. (2010). New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 40(3), 189–206. <https://doi.org/10.2165/11319770-000000000-00000>
- Kodama, S., Saito, K., Tanaka, S., Maki, M., Yachi, Y., Asumi, M., Sugawara, A., Totsuka, K., Shimano, H., Ohashi, Y., Yamada, N., & Sone, H. (2009). Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. *JAMA*, 301(19), 2024–2035. <https://doi.org/10.1001/jama.2009.681>
- Kraemer, W. J., Adams, K., Cafarelli, E., Dudley, G. A., Dooly, C., Feigenbaum, M. S., Fleck, S. J., Franklin, B., Fry, A. C., Hoffman, J. R., Newton, R. U., Pottenger, J., Stone, M. H., Ratamess, N. A., & Triplett-McBride, T. (2002). Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(2), 364–380. <https://doi.org/10.1097/00005768-200202000-00027>
- Laurentino, G., Ugrinowitsch, C., Aihara, A. Y., Fernandes, A. R., Parcell, A. C., Ricard, M., & Tricoli, V. (2008). Effects of strength training and vascular occlusion. *International Journal of Sports Medicine*, 29(8), 664–667. <https://doi.org/10.1055/s-2007-989405>
- Loenneke, J. P., Wilson, J. M., Wilson, G. J., Pujol, T. J., & Bembien, M. G. (2011). Potential safety issues with blood flow restriction training. In *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* (Vol. 21, Issue 4, pp. 510–518). Scand J Med Sci Sports. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01290.x>

- Loenneke, Jeremy P., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Sherk, V. D., Thiebaud, R. S., Abe, T., Bemben, D. A., & Bemben, M. G. (2012). Effects of cuff width on arterial occlusion: Implications for blood flow restricted exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 112(8), 2903–2912. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2266-8>
- Loenneke, Jeremy P., Wilson, J. M., Marín, P. J., Zourdos, M. C., & Bemben, M. G. (2012). Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *European Journal of Applied Physiology*, 112(5), 1849–1859. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2167-x>
- Lowery, R. P., Joy, J. M., Loenneke, J. P., de Souza, E. O., Machado, M., Dudeck, J. E., & Wilson, J. M. (2014). Practical blood flow restriction training increases muscle hypertrophy during a periodized resistance training programme. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 34(4), 317–321. <https://doi.org/10.1111/cpf.12099>
- Martín-Hernández, J., Marín, P. J., & Herrero, A. J. (2010). Revisión de los procesos de hipertrofia muscular inducida por el entrenamiento de fuerza oclusivo. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*.
- Mattar, M. A., Gualano, B., Perandini, L. A., Shinjo, S. K., Lima, F. R., Sá-Pinto, A. L., & Roschel, H. (2014). Safety and possible effects of low-intensity resistance training associated with partial blood flow restriction in polymyositis and dermatomyositis. *Arthritis Research & Therapy*, 16(5), 473. <https://doi.org/10.1186/s13075-014-0473-5>
- Mikkola, J., Rusko, H., Nummela, A., Pollari, T., & Häkkinen, K. (2007). Concurrent endurance and explosive type strength training improves neuromuscular and anaerobic characteristics in young distance runners. *International Journal of Sports Medicine*, 28(7), 602–611. <https://doi.org/10.1055/s-2007-964849>
- Moritani, T., Sherman, W. M., Shibata, M., Matsumoto, T., & Shinohara, M. (1992). Oxygen availability and motor unit activity in humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 64(6), 552–556. <https://doi.org/10.1007/BF00843767>

- Piacentini, M. F., De Ioannon, G., Comotto, S., Spedicato, A., Vernillo, G., & La Torre, A. (2013). Concurrent strength and endurance training effects on running economy in master endurance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(8), 2295–2303. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182794485>
- Pope, Z. K., Willardson, J. M., & Schoenfeld, B. J. (2013). Exercise and blood flow restriction. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(10), 2914–2926. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182874721>
- Raposo, A. V. (2000). *Planificación y organización del entrenamiento deportivo* (Vol. 24). Editorial Paidotribo.
- Reina-Ramos, C., & Domínguez, R. (2014). Entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo e hipertrofia muscular. *RICYDE: Revista Internacional de Ciencias Del Deporte*, 10(38), 366–382. <https://doi.org/10.5232/ricyde2014.03806>
- Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J. M., Mora-Custodio, R., Pareja-Blanco, F., Ravelo-García, A. G., Ribas-Serna, J., & González-Badillo, J. J. (2020). Velocity-based resistance training: impact of velocity loss in the set on neuromuscular performance and hormonal response. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 45(8), 817–828.
- Scott, B. R., Loenneke, J. P., Slattery, K. M., & Dascombe, B. J. (2016). Blood flow restricted exercise for athletes: A review of available evidence. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(5), 360–367. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.04.014>
- Scott, B. R., Slattery, K. M., & Dascombe, B. J. (2014). Intermittent hypoxic resistance training: Does it provide added benefit? *Frontiers in Physiology*, 5(OCT), 1–3. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00397>
- Suga, T., Okita, K., Morita, N., Yokota, T., Hirabayashi, K., Horiuchi, M., Takada, S., Takahashi, T., Omokawa, M., Kinugawa, S., & Tsutsui, H. (2009). Intramuscular metabolism during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 106(4), 1119–1124. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.90368.2008>

- Takarada, Y., Takazawa, H., & Ishii, N. (2000). Applications of vascular occlusion diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(12), 2035–2039. <https://doi.org/10.1097/00005768-200012000-00011>
- Taylor, C. W., Ingham, S. A., & Ferguson, R. A. (2016). Acute and chronic effect of sprint interval training combined with postexercise blood-flow restriction in trained individuals. *Experimental Physiology*, 101(1), 143–154. <https://doi.org/10.1113/EP085293>
- Thiebaud, R. S., Yasuda, T., Loenneke, J. P., & Abe, T. (2013). Effects of low-intensity concentric and eccentric exercise combined with blood flow restriction on indices of exercise-induced muscle damage. *Interventional Medicine and Applied Science IMAS*, 5(2), 53–59. <https://doi.org/10.1556/imas.5.2013.2.1>
- Tomlin, D. L., & Wenger, H. A. (2001). The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 31(1), 1–11. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131010-00001>
- Vechin, F. C., Libardi, C. A., Conceição, M. S., Damas, F. R., Lixandrão, M. E., Berton, R. P. B., Tricoli, V. A. A., Roschel, H. A., Cavaglieri, C. R., Chacon-Mikahil, M. P. T., & Ugrinowitsch, C. (2015). Comparisons between low-intensity resistance training with blood flow restriction and high-intensity resistance training on quadriceps muscle mass and strength in elderly. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 1071–1076. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000703>
- Wilkinson, S. B., Tarnopolsky, M. A., Grant, E. J., Correia, C. E., & Phillips, S. M. (2006). Hypertrophy with unilateral resistance exercise occurs without increases in endogenous anabolic hormone concentration. *European Journal of Applied Physiology*, 98(6), 546–555. <https://doi.org/10.1007/s00421-006-0300-z>
- Yamanaka, T., Farley, R. S., & Caputo, J. L. (2012). Occlusion training increases muscular strength in division IA football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(9), 2523–2529. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823f2b0e>

15. ANEXOS

- **ANEXO I:** Certificado aprobado del estudio por el Comité de Ética de la Investigación de la Comunidad de Aragón (CEICA), con número PI21/0032.



**Informe Dictamen Favorable
Trabajos académicos**

C.P. - C.I. PI21/0032

19 de mayo de 2021

Dña. María González Hínjos, Secretaria del CEIC Aragón (CEICA)

CERTIFICA

1º. Que el CEIC Aragón (CEICA) en su reunión del día 19/05/2021, Acta Nº 10/2021 ha evaluado la propuesta del Trabajo:

Título: Estudio experimental sobre la eficiencia del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo en la capacidad aerobia y en el rendimiento en corredores entrenados.

Alumno: Adrián Baquero Baleta

Director: Borja Muñoz

Versión protocolo: V 3.0 de 06-05-21

Versión documento de información y consentimiento: V 3.0 de 18-03-21

2º. Considera que

- El proyecto se plantea siguiendo los requisitos de la Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación Biomédica y los principios éticos aplicables.
- El Tutor/Director garantiza la confidencialidad de la información, la obtención de los permisos necesarios para el acceso a los datos, el adecuado tratamiento de los datos en cumplimiento de la legislación vigente y la correcta utilización de los recursos materiales necesarios para su realización.

3º. Por lo que este CEIC emite **DICTAMEN FAVORABLE a la realización del proyecto.**

Lo que firmo en Zaragoza

GONZALEZ
HINJOS MARIA -
DNI 03857456B

Firmado digitalmente
por GONZALEZ HINJOS
MARIA - DNI 03857456B
Fecha: 2021.05.21
11:49:51 +02'00'

María González Hínjos
Secretaria del CEIC Aragón (CEICA)